ÜBER DIE

STERNFIGUR DER CRYSTALL-LINSE.

INAUGURAL-DISSERTATION

DER

MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT STRASSBURG

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT VON

PERCY. H. FRIDENBERG

B. A. COL. AUS NEW-YORK, U. S. A.

STRASSBURG

VERLAG VON KARL J. TRÜBNER

1891.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät der Universität Strassburg.

Referent: **Prof. Dr. LAQUEUR.**

Seit zwei Jahrhunderten haben die Anatomen der Structur der Linse ihre Aufmerksamkeit zugewandt, aber erst unserem Jahrhundert ist es beschieden gewesen, über den Aufbau dieses wichtigen Organs einigermassen sichere Aufschlüsse zu gewinnen, welche vorzugsweise auf entwicklungsgeschichtlichen Beobachtungen beruhen. Unter den Forschern, welche sich in dieser Hinsicht verdient gemacht haben, sind in erster Linie Henle, Bowmann und Arnold zu nennen.

Man darf wohl sagen, dass die Linsenstructur bis in die meisten Einzelheiten bekannt und hinlänglich beschrieben sei.

Nachdem in letzter Zeit über noch nicht genau bekannte Einzelheiten, so über die Consistenz und etwaigen Inhalt der Linsenfasern, über die Anzahl ihrer Kerne, das Vorkommen einer Kantenzähnelung u. s. w., ein gewisser Abschluss erreicht worden ist, ist ein Gebilde der menschlichen Linse, die Kitt- oder Linsensternsubstanz in seinem letzten Bau fast unbekannt geblieben. Seit den Publicationen von Hannover, Werneck und Bowmann, die sich hauptsächlich mit dem Verlauf der Linsenfasern beschäftigen, ist über den Aufbau des Linsensterns wenig bekannt geworden. Stenon, Du Petit, Morgagni kannten den Aufbau aus Fasern, und Leeuwenhoek spricht schon von Wirbeln, zu denen sich die Fasern runden und die bei den meisten Säugethieren drei Mittelpunkte, bei Hasen sowie bei den Fischen aber nur zwei bilden; auch an menschlichen Linsen fand er dasselbe Verhältniss.

Hannover giebt an, dass die dreischenkelige «Spalte» des Linsensterns bald als eine feine dunkle Linie erscheine, bald dagegen mit einer Masse ausgefüllt sei, die gewöhnlich heller ist als die übrige Linsensubstanz. Die in der Spalte befindliche Masse kann an grossen Linsen (z. B. beim Pferd) in einem solchen Grade zunehmen, dass sich auf der Oberfläche ein sphärisches Dreieck mit concaven Seiten bildet. Ueber die Natur dieser Masse giebt Hannover nichts Näheres an, beschreibt aber unregelmässige Anordnungen der Sternstrahlen, die darin bestehen, dass die von den Strahlenschenkeln eingeschlossenen Winkel unter sich ungleich gross werden, oder darin, dass der eine oder der andere Schenkel verlängert erscheint.

Bowmann lehrt, dass man sich die Linsensternsubstanz als aus drei dreieckigen Blättern (central, mesial planes) bestehend vorstellen kann, die unter Winkeln von 120° an einander stossen und im Centrum der Linse mit der ebenso angeordneten Substanz der anderen Linsenhälfte zusammentreffen. Doch sind die Blätter so gestellt, dass die der beiden Hälften um 60° gegen einander gedreht sind.

Nunneley stellte den dreistrahligen Stern als den für die Säugethiere typischen auf. In der Linse des Menschen soll die Anordnung der Fasern am complicirtesten sein, da der beim Foetus noch leicht zu beobachtende dreistrahlige Grundtypus sich durch successives Theilen der Sternstrahl-Ebenen in einen mehrstrahligen verwandelt. An den beiden Oberflächen sollen die Strahlen ferner nicht in gleicher Anzahl vorhanden sein; die der hinteren Fläche seien zahlreicher (bis 12), während man auf der Vorderfläche deren nur 9 finde.

Die Zahl der Strahlen, und somit der Sternspaltungs-Ebenen («mesial planes» von Bowmann) nehmen nach dem Centrum der Linse an Zahl successive ab. Der Stern ist danach nur in den der Oberfläche zunächst liegenden Schichten ein mehrstrahliger.

v. Ammon lässt die seitlichen Linsenfasern dadurch zur Entstehung des Linsensterns beitragen, dass dieselben sich im Wachsen nicht direct vom hinteren zum vorderen

Pole erstrecken, sondern ausserhalb des Poles nach der hinteren Fläche divergirend, seitlich nach vorne verlaufen und auf der Vorderfläche den Pol nicht erreichen. Hierdurch sollen sich auf der vorderen Fläche des Linsenkörpers «eigenthümliche sternförmige oder auch runde Figuren bilden», weil eben die äusserst feinen Endigungen der Linsenstreifen sich in der Gegend des vorderen Poles nicht ganz und innig berühren, und weil hierdurch ein Substanzmangel an dieser Stelle gesetzt wird, der leicht zur Ablagerungsstätte von feinen Molecülen wird.

Diese «angeborene Dehiscenz» soll nach v. Ammon zu Kapseleinsenkungen Anlass geben und so angeborene Linsen- und Kapselstaare verursachen (!).

Huschke nimmt auch den dreistrahligen Stern als Grundtypus für Säugethiere an; giebt aber weiter an, dass in kurzer Zeit nach der Geburt — wenn nicht bereits in den letzten Monaten der Schwangerschaft, an einem der beiden Augen, oder nur an einer Fläche der Krystalllinse — eine Vervielfachung dieser drei Wirbel und Spalten eintrete, die er als primitive oder Hauptwirbel bezeichnet im Gegensatz zu den von nun an immer zahlreicher werdenden Trennungen, welche die secundären, accessorischen oder Nebenwirbel darstellen. Erstere sollen bis zum Pole jeder Fläche reichen und treffen also, wie ihre Spalten, hier zusammen, letztere dagegen dringen nicht bis zum Pole und sind, wenigstens Anfangs, nur als Anhänge von den Hauptwirbeln zu betrachten. Die accessorischen Wirbel sollen dadurch entstehen, dass plötzlich gegen den limbus lentis hin eine der gewöhnlichen feinen, zwischen je zwei Fächern befindlichen, Spalten sich erweitert, die nächsten Fasern, die bisher nach einer Hauptspalte verliefen, an sich reisst, so dass neue um sie herumgehende längliche Wirbel entstehen, und sich so in eine «fissura lateralis accessoria» verwandelt. Diese Spalten mit ihren Wirbeln rücken mit der Zeit dem Pole immer näher, und verbinden sich endlich mit ihm, so dass sie sich nun zu Hauptspalten und Hauptwirbeln erheben. Bis zu dem Alter von 20—30 Jahren endlich haben sich beim Menschen die

accessorischen Wirbel so vervielfacht, dass sie ihre höchste Zahl und Vollkommenheit erlangt haben, und scheinen sich bis zum Greisenalter nicht weiter zu vermehren. Sowohl bei allen weiblichen, wie bei männlichen Körpern von 24—30 Jahren, als auch bei allen Leichen (aus dem höheren Alter von 50—70 Jahren), welche von Huschke untersucht wurden, waren 10—13 Wirbel wahrzunehmen, von denen alle oder fast alle schon Hauptwirbel und Hauptfissuren geworden waren. Die Grösse sämmtlicher Fissuren war fast vollkommen gleich, so dass dadurch die Figur eines schönen vielstrahligen Sternes zu Stande gekommen war.

Sattig's Angabe, dass beim Menschen an jeder Fläche der Linse nur 4 Spalten und ebenso viele Abtheilungen vorkommen, will Huschke auf Irrthum zurückführen, oder darauf, dass der betreffende Forscher nur Linsen aus den ersten Kinderjahren zur Untersuchung herangezogen hatte.

Die Vervielfachung der Wirbel und Spalten führt Huschke auf eine Verkürzung einzelner Fasern der Linsensubstanz und die daraus hervorgehende verschiedene Abflachung der Linse zurück. An bestimmten Stellen beider Flächen reichen mehrere neben einander liegende Fasern, indem sie ihr inneres Stück verlieren, nicht mehr mit ihrem Ende bis zum vorderen bezw. hinteren Pole, sondern hören schon früher auf. Zwischen den kürzesten mittleren entsteht durch Resorption eine grössere Spalte, an der sich alle kürzer gewordenen Fasern gegen einander drängen und sich von ihren übrigen Nachbarn abwenden. Durch diese Anordnung der Fasern entstehen bogenförmige Figuren, in deren Mitte die kürzesten Fasern liegen, die, kaum am limbus lentis entstanden, auch schon wieder enden, in deren Peripherie dagegen die längsten, selbst bis zu den Polen reichenden Fasern sich befinden.

Huschke will die Abflachung der Linse durch diesen «Substanzverlust» an den Polen damit erklären, dass «so viele Fasern, die am limbus vorhanden sind, gänzlich fehlen in der Gegend der Pole», und betrachtet sie als eine nothwendige Folge einer vielfachen Wirbel- und Spaltenbildung. Die grosse Zahl letzterer bei Erwachsenen,

und besonders im hohen Alter, die verhältnissmässig einfache Theilung bei der mehr kugeligen Linse des Embryos, führt Huschke, neben den gleich zu erwähnenden Verhältnissen bei den Säugethieren, zur Bekräftigung dieser Hypothese an. Da die vollkommen runde Linse der Fische und einiger Reptilien gar keine Wirbel besass, die kurzsichtiger Thiere (Frosch, Hase) zwei, die der meisten Säugethiere drei bis fünf, die des Menschen (welcher die flachste Linse besitzt) endlich selbst zehn bis dreizehn aufweist, so schliesst Huschke hieraus, dass die Linsenform bezw. deren Abflachung nothwendigerweise durch die erwähnte Vervielfachung der Linsensternfigur verursacht wird. Nur die Vogellinse, die, obwohl erheblich flacher als die der Fische, gar keine Wirbel zeigt, vermochte Huschke nicht in sein Schema hineinzubringen.

Endlich giebt Huschke an, unter der Kapsel, vorzüglich an der hinteren Kapselwand, eine grosse Menge Kügelchen an der Oberfläche der Linse gesehen zu haben. Dieselben waren grösser als «Blutkügelchen» und schienen in Grübchen der Linsensubstanz zu ruhen. Huschke hat über die Natur dieser Gebilde keine näheren Angaben gemacht, scheint sie jedoch als Kügelchen des «humor Morgagni» zu betrachten.

Young beschrieb den Verlauf der Fasern mit grosser Genauigkeit, deutete dieselben aber als «Muskelfaser» und nahm in den Strahlen des dreischenkligen Sternes der vorderen und hinteren Fläche 6 Sehnen (membranous tendons) an.

v. Becker deutet den Linsenstern richtig als diejenige Figur, die durch Aneinanderlegen der natürlichen Enden der Linsenfasern gebildet wird, ganz gleichgültig übrigens, was für eine Zeichnung dadurch hervorgebracht wird. Bei den menschlichen Embryonen und sogar noch beim neugeborenen Kinde ist die Linse, wenigstens in den meisten Fällen, dreistrahlig. Mit zunehmendem Alter nehmen aber die Strahlen in Menge bedeutend zu, und zwar so, dass man schon von Personen mittleren Alters kaum ein schmales oberflächliches Stück der Linse abheben kann, ohne dass gegen einander liegende Faserenden getroffen werden. Bei allen Thieren, deren Linse mit Strahlen versehen ist, findet man, v. Becker

zufolge, immer einen derselben in der vorderen Hälfte der Linse aufwärts stehend.

Die Kittsubstanz soll, im frischen Zustande untersucht, eine dickflüssige, homogene, klare Masse darstellen, von demselben Lichtbrechungsvermögen wie die Linsenfasern, und soll sich wie die Proteïnsubstanzen überhaupt verhalten.

Robinski, auf dessen Kritik der bis dahin üblichen Untersuchungsmethoden (bes. Härtungen) wir später zurückkommen werden, findet die frische, normale Linse nie anders als hell, durchsichtig, ungetrübt.

Erst nach einiger Zeit tritt eine Trübung, namentlich am hinteren und vorderen Pole, auf; beinahe zugleich mit der eintretenden weisslich-grauen Trübung erscheinen die von den Polen ausgehenden, matten, grau-weisslichen, als «Linsensternfiguren», radii lentis bekannten Linien, resp. Furchen.

Robinski fand an frischen, frisch geschlachteten Thieren entnommenen Linsen diese sternförmigen Linien nicht; in alten Linsen dagegen, die von vor mehr oder minder langer Zeit getödteten Thieren stammten, waren sie regelmässig nachweisbar. Die «sogenannte» Sternsubstanz besteht aus einer gelblichen, bröckligen Masse, mit der die, anfangs ganz seichten, später immer tiefer und tiefer werdenden Spalten sich während ihrer Bildung füllen. Bei zerzupfter, frischer Linsensubstanz sieht man aus den Rissenden der Linsenröhren den durchsichtigen, zähflüssigen, eiweisshaltigen Inhalt in hellen Tropfen herausfliessen, und kann dann weiter beobachten, wie diese Tropfen gerinnen und auf diese Weise die, mehr oder minder unregelmässigen, fein- oder grobkörnigen Massen der Sternsubstanz bilden. Hiernach erklärt Robinski Linsensternfigur sowie Kittsubstanz oder Sternsubstanz für Kunstproducte, für Gerinnungsmassen der ursprünglich in den Röhren enthaltenen eiweissreichen Flüssigkeit.

J. Arnold fand dagegen an meridionalen Schnitten der embryonalen Linse nicht nur an der Stelle des vorderen und hinteren Poles, sondern auch hinter dem Aequator lichte, mit kugligen Massen angefüllte Räume, deren Form je nach

der Schnittrichtung verschieden ausfiel. An meridionalen Schnitten erscheinen die an den Polen gelegenen Räume in der Form eines spitzen Dreiecks, dessen Spitze bei beiden Figuren gegen den Mittelpunkt der Linse gerichtet ist. Der hinter dem Aequator gelegene Raum erscheint als eine mehr längliche Spalte, die sich nach vorne verbreitert und abrundet, nach hinten spitz zulaufend endigt.

Dieser Raum nimmt an Schnitten, die in grösserer Entfernung über oder unter der Achse geführt sind, in der Richtung gegen den hinteren Pol an Ausdehnung zu; bei nahe dem Linsenrand geführten Schnitten stellt er einen ziemlich breiten, über die ganze hintere Fläche sich erstreckenden Raum dar.

Von der Existenz und Bedeutung der soeben am vorderen und hinteren Pole, sowie hinter dem Aequator beschriebenen, mit kugligen Massen angefüllten Räume erhält man aber erst eine klare Anschauung, wenn man die Schnitte parallel der hinteren Linsenfläche führt. An solchen Schnitten nimmt man eine dreistrahlige Figur wahr; zwei Strahlen verlaufen nach oben und den Seiten, ein dritter gerade nach unten. An der Stelle des hinteren Poles treffen dieselben, etwas sich verbreiternd, zusammen. Die Linsenfasern hören an diesem Strahle mit etwas verbreiterten Enden auf! Die Stellung der Faserenden zu den Strahlen ist im Allgemeinen derart, dass sie an diese unter einem rechten Winkel sich ansetzen; nur an den peripherischen Abschnitten der Strahlen sind sie etwas umgebogen; die von diesen selbst abgehenden Fasern verlaufen sogar in der Verlängerung der Strahlen gegen den Linsenrand. Dieselbe Zeichnung findet man an der vorderen Linsenfläche, nur ist dieselbe eine umgekehrte, derart, dass ein Strahl nach oben zieht, während die beiden anderen nach unten und den Seiten verlaufen. Je mehr man sich von den Linsenpolen entfernt und der Aequatorialebene nähert, um so mehr verliert sich diese Zeichnung, und man trifft dann mehr auf schief und quer durchschnittene Fasern: ein Bild, wie es bei jüngeren Embryonen fast immer bei solcher Schnittführung wahrgenommen wird.

Die Bildung der Sternpole erklärt Arnold aus dem geringeren Wachsthum der central gelegenen Fasern in späteren Perioden einerseits, dem stärkeren Wachsthum der seitlich gelegenen Fasernsysteme und der vorwiegenden Anbildung der Fasern in dieser Richtung andererseits. Die Entstehung der Sternstrahlen steht mit der Umbiegung der Faserenden in der Richtung von je drei zu dem Linsencentrum radiär gestellten Liniensystemen in Verbindung.

Zernoff untersuchte frische Linsen, die während 1—2 Monaten in Müller'scher Lösung erhärtet wurden, und fand keine feinkörnige oder homogene Masse zwischen den Fasern. Seine Präparate zeigten, dass die Fasern, indem sie sich dem Sterne nähern, sehr bedeutend ihr Aussehen ändern.

Die Ränder derselben haben bei Säugethieren nur sehr unbedeutende Zacken; näher gegen das Ende werden die Zacken grösser und sehr unregelmässig. Auch das Ende der Fasern soll unregelmässig, breiter als der übrige Theil der Faser sein. Bemerkenswerth ist, dass Zernoff die Linsensternfigur nicht durch Auseinanderweichen der Fasern bezw. zu frühes Aufhören vor dem Pole mit Anfüllung des so entstandenen «Substanzverlustes» mit körnigen Massen entstehen lässt, sondern dass, nachdem die Fasern, wo sie zusammentreffen (d. h. in den Strahlen und im Centrum des Sternes), einander unmittelbar mit ihren verbreiterten Enden berühren. Dieser Berührungsort, d. h. die Naht, ist in dünnen Präparaten einfach durch eine Zickzacklinie bezeichnet. Dasselbe Verhältniss wiederholte sich bei allen, sowohl jungen als auch bei erwachsenen, von Zernoff darauf untersuchten Thieren, ebenso auch beim Menschen.

Zernoff bekam schöne Zeichnungen der Endothelien der Kapsel. Durch kein Mittel war es ihm aber gelungen, eine Kittsubstanz zwischen den Linsenfasern zu demonstriren, obwohl man das Vorkommen einer Kittsubstanz, wie zwischen allen epithelialen Elementen, vermuthen musste.

Gegen die Annahme einer solchen spricht jedoch die grosse Leichtigkeit, mit der die Fasern in ihrer ganzen Ausdehnung sich von einander ablösen lassen. Da die Fasern

auch in den Nähten sich der Länge nach trennen, nimmt Zernoff an, dass eine Kittsubstanz der Naht ebenfalls fehle, und schliesst, dass die Fasern theils durch Molecularkraft, theils durch die an den Kanten befindlichen Zacken an einander gehalten werden und schichtweise, ohne alle Zwischenräume, über einander liegen.

Sappey beschreibt die beim Erwachsenen vielstrahligen Linsensterne, die er aus dichotomischer Theilung der Radien des embryonalen, d. h. dreistrahligen Sternes hervorgehen lässt, und zwar auf der vorderen sowie auf der hinteren Fläche. Diese so gebildeten secundären Strahlen (auf jeder Fläche sechs) theilen sich wieder; es entstehen 10, 12 oder 14 Radien.

Schwalbe führt die Entstehung des Linsensterns, wie die Zerklüftung der Linse in Lamellen und Fasern, auf Zerstörung von Kittsubstanz, deren Anordnung im frischen Zustande der Lage der bei Maceration auftretenden Spalten entspricht, zurück. Bei Maceration in Säuren, beim Kochen u. s. w. findet, unter Zerstörung bezw. Lösung der Kittmasse und Bildung klaffender Spalten, ein Auseinanderweichen der Linsenfaserenden statt.

Die Spalten füllen sich dabei zum Theil mit körniger Masse, der sogenannten Sternsubstanz, welche, abgesehen von Resten der Kittsubstanz, aus Eiweisskugeln (Linsenkugeln) besteht, die aus den Enden der Linsenfasern ausgetreten sind.

Rubattel untersuchte die Entwickelung der Linse an Schweinsembryonen und fand an den Polen eine Anhäufung von kleinen homogenen Kügelchen, die besonders am hinteren Pole imponirt. Letztere bezeichnet Rubattel als «Zone homogène postérieure» und giebt an, dass dieselbe beim Wachsthum der Linse an Grösse successive abnehme, gleichsam atrophire.

Beim Erwachsenen sei sie nur noch als an Schnitten kaum wahrnehmbare winzige Zone vorhanden, die nur an Zupfpräparaten deutlich ausgeprägt sei. Diese hängt noch beim Embryo mittelst eines schmalen, auch aus einer homo-

genen Masse aufgebauten Stieles mit der vorderen am Pole gelegenen Zone zusammen.

In diesem Gebilde erblickt Rubattel das erste Rudiment des Linsensternes. Beim Erwachsenen dagegen stellt der Linsenstern keine Zwischensubstanz dar, er ist nur noch eine durch das Zusammentreffen der Linsenfasern entstandene Naht (ligne suturale).

In der oben citirten Arbeit wendet sich nun Robinski entschieden gegen die Annahme einer «intra vitam» bestehenden interfibrillären Kittsubstanz, sowie einer Sternfigur. Seine wichtigsten Einwände gegen die Richtigkeit der von Becker u. A. mitgetheilten Beobachtungen beziehen sich auf die von diesen Forschern angewandten Methoden, bei denen die Linse nach Behandlung mit Säuren oder Macerationsgemischen untersucht wird. Nach einer Beschreibung der an frischen Zupfpräparaten gewonnenen Bilder, die wir bereits mitgetheilt haben, sagt Robinski weiter: «Ich erinnere daran, dass bei der Maceration der Linse eine Imbibition eintritt. Da nun die oberflächlichen Theile dieses Organs mehr Wasser enthalten als die inneren (Kölliker), so imbibiren sich natürlich die trockenen Kernschichten mehr als die wasserreichen Rindenschichten; der am stärksten aufquellende Kern der Linse übt auf die ihn umgebenden Schichten eine grosse sprengende Kraft aus; es entstehen die als «Linsensterne» bekannten regelmässigen Spalten bei den einzelnen Arten, die aber bei den verschiedenen Arten so verschieden sind. Bei einer Quellung des Kernes der Säugethierlinse tritt also, nach physikalischen Gesetzen, der Riss immer da zuerst auf, oder muss eigentlich immer da zuerst auftreten, wo die Vereinigung am lockersten ist, also nicht in der Continuität der Fasern, sondern da, wo dieselben unter einander zusammenstossen, namentlich in den drei Radien. Bei den Untersuchungen von Robinski wurde die ganz frische Linse kurze Zeit — 5, höchstens 15 Minuten — in eine schwache (1 : 800) Argentum Nitricum-Lösung gelegt. Die Resultate der Untersuchung der nach dieser Methoden behandelten Linsen sind u. A. folgende: «Die Linsensterngegend besteht ebenso

aus Linsenröhren, wie alle anderen Partieen der Linse, vergeblich suchen wir dort nach irgend einem von Linsenröhren freien Platz, der uns die sogenannte Linsensternsubstanz andeuten könnte. Bei der Entstehung der Spalten findet eine Zerreissung oder Sprengung der Linsenröhren statt. Wenn wir nun unter dem Mikroskope sehen, wie der flüssige Inhalt aus den gerissenen Röhren zum Theil austritt und nach einiger Zeit zu krümlichen Massen gerinnt, so ist auch das Zustandekommen dieser sonst so räthselhaften, so verschieden gedeuteten Massen ganz verständlich.»

Obwohl für diese Einwände bezeichnend ist, dass schon Baerens (I.-D, 1819), sowie Soemmering und Berzelius dieselben gegen die Annahme einer faserigen Textur der Linse hervorhoben, so ist es doch nicht gelungen, dieselben vollständig zu entkräften, obwohl Schwalbe die Hinfälligkeit eines Theiles derselben gezeigt hat.

Was die Existenz des Linsensternes betrifft, so kann man direct «ad oculos» demonstriren, dass derselbe kein Kunstproduct ist. Wenn Robinski behauptet, man finde an frischen Linsen «keine Spur einer sogenannten Linsensternfigur», so beruht diese Aeusserung nachweisslich auf mangelhafter Beobachtung. Nicht nur an Linsen frisch geschlachteter Thiere, wie es Robinski fordert, sondern an denen lebender Menschen und Thiere lässt sich die Form des Linsensternes mit grösster Leichtigkeit beobachten. Die zu diesem Zwecke angewandte Methode besteht darin, dass man den vorderen Abschnitt des Augapfels künstlich von der Seite so beleuchtet, dass die von der Lichtquelle auf die Linse fallenden Strahlen in toto reflectirt und dem Auge des Untersuchenden zu gebrochen werden.

Die Linse giebt dann einen schönen schiefergrauen Reflex und lässt die Einzelheiten ihrer Structur mit Deutlichkeit erkennen. Auf Anregung von Prof. Laqueur nahm ich eine solche intravitale Untersuchung vor, welche sich auf 100 normale und 20 mit Cataract behaftete Linsen erstreckte. Am besten eignet sich die Zehender-Westien'sche Lupe mit einer sehr zweckmässigen Modification von Laqueur, welche

an Stelle der früheren unbeweglich mit dem Lupenstativ verbundenen Sammellinse, zwei solcher von 4 D, bezw. 6 D, die nach Belieben gestellt werden können, setzt. Die Untersuchungsreihe wurde an Patienten der hiesigen Augenklinik und Poliklinik, zum Theil an Gesunden, die in Begleitung Kranker in die Klinik kamen, ausgeführt.

Ehe ich zur Mittheilung der Ergebnisse dieser Beobachtungen schreite, dürfte es am Platze sein, den Gang der Untersuchung in Kürze zu beschreiben. In circa 2,50 Meter Entfernung, der Lichtquelle (Ophthalmoskopir-Lampe mit Argand-Brenner) gegenüber sitzend, stützt der zu Untersuchende sein Kinn auf ein zu diesem Zwecke eingerichtetes Stativ. Derselbe wird nun aufgefordert, einen in der horizontalen Ebene der Lichtstrahlen gelegenen Punkt zu fixiren, welcher so gewählt wird, dass die Sehlinie dann die Lichtstrahlen unter einem Winkel von 120° schneidet. (Die meisten Patienten haben die Neigung, in die vor das Auge gebrachte Beleuchtungslinse zu schauen, was aber deswegen für die Untersuchung ungünstig ist, weil man dann die Pupille nur von der Seite als vertikale schmale Ellipse sieht, und im höchsten Falle die peripheren, am Aequator gelegenen Theile der Linse beobachten kann. Ausnahmsweise jedoch kann diese seitliche Untersuchung zur Verfolgung der feinsten Sternstrahlen bis zum Linsenrande wesentliche Dienste leisten.)

Die Lupe wird von der Seite auf eine Entfernung von 6 cm. dem Auge genähert. Mit einiger Uebung ist es ein Leichtes, die Einstellung so zu treffen, dass der Linsenstern sofort deutlich hervortritt.

Anfangs sieht man häufig nur die schwarze Pupille, oder auch, wenn die Lichtstrahlen direct das Auge durchsetzen, den hellröthlich leuchtenden Augenhintergrund. Hat man aber auf die Pupille eingestellt, so bleibt, bei zweckmässiger Augenstellung, die Linse gleichsam im Halbschatten, und auf dem grauen Grunde heben sich die als schwarze Linien wahrnehmbaren Strahlen des Linsensternes auf das Deutlichste hervor.

Was zunächst die Form des Linsensternes betrifft, so zeigt diese nicht geringe Abweichungen von den in den Lehrbüchern als den gewöhnlichen Verhältnissen entsprechend angegebenen Figuren.

Beim Erwachsenen habe ich nur einmal einen dreischenkligen Stern nachweisen können, und zwar an einem 41jährigen Manne. In circa $^1/_3$ der Fälle (22, wovon 11 in den Jahren zwischen 30—50, 8 unter 30 Jahren und 3 über 50) bestand ein vierstrahliger Stern. Fünf Strahlen waren in 43 Fällen vorhanden (wovon 10 zwischen 10—20 Jahren, 15 zwischen 20—30 Jahren, 5 zwischen 30–40 Jahren, 6 zwischen 40—50 Jahren, 7 zwischen 60—70 Jahren).

In 23 Fällen kam ein sechsstrahliger Stern vor (und zwar in 8 Fällen von 10—20 Jahren, 3 von 20—30, 3 von 30—40, 4 von 40—50 und 5 von 50—60). In 7 Fällen (wovon je 2 zwischen 10—20 Jahren und 20—30 Jahren, und je 1 zwischen 30—40 Jahren, 40—50 Jahren, 50—60 Jahren) war endlich ein Stern mit 7 Strahlen nachweisbar. Mehr als 7 Hauptstrahlen habe ich in keinem Falle gesehen, obwohl die Zahl der Haupt- und Nebenstrahlen zusammen oft auf 10, 15, ja 20 steigt, indem man, bis zur Grenze des Deutlichsehens, immer feiner werdende Nebenstrahlen zählen kann.

Auch die Figur am Pole war selten die eines richtigen Sternes, indem erstens die zwischen den einzelnen Strahlen befindlichen Winkel in den wenigsten Fällen gleich gross waren; zweitens aber die Strahlen nicht von einem dem Pole annähernd entsprechenden Punkte, sondern oft von einer den letzteren durchkreuzenden, gewöhnlich vertikal gestellten, aber auch keineswegs selten geneigten Linie ausgingen. Indem von dem oberen sowie von dem unteren Ende einer solchen Linie Strahlen ausgingen, kam eine Figur zu Stande, die aussah, als wären die vertikal gestellten Strahlen zweier über einander gelegenen Linsensternfiguren zum Verschmelzen gelangt.

Die Art der Vertheilung war endlich eine von der gewöhnlich angegebenen abweichende, und ich möchte hier betonen, dass der Unterschied zwischen der Linsensternfigur

des Embryos und der des Erwachsenen durchaus nicht allein, oder auch nur hauptsächlich in einer dichotomischen Theilung und Vervielfachung der Hauptstrahlen besteht. Diese frühere, ich darf wohl sagen irrthümliche Annahme über die Entwickelung der Linsensternfigur veranlasste die Zeichnung der sehr schönen, regelmässigen 6-, 9-, 12strahligen Sterne, die in den Werken von Werneck, Huschke und Fr. Arnold abgebildet sind, die der Wirklichkeit aber durchaus nicht entsprechen.

Eine dichotomische Theilung der Hauptstrahlen ist nicht immer zu beobachten. Vielmehr spaltet sich oft ein Schenkel des Sternes auf der einen Seite in 2, 3 oder mehr Nebenstrahlen, während derselbe auf der anderen Seite, ohne Aeste abzugeben, bis zur Peripherie ungetheilt verläuft.

Häufig ist sogar die Vertheilung eine dendritische zu nennen und erinnert, wie von Laqueur betont worden ist, an die Vertheilung der Netzhautgefässe, indem die Spaltung in accessorische oder Nebenstrahlen besonders nach oben und nach unten vom Pole vor sich geht, die seitlichen Quadranten dagegen verhältnissmässig wenig Radien aufweisen. In 77 besonders darauf untersuchten Linsen fand sich der temporale Quadrant 27mal ohne Sternstrahlen, 38mal mit nur einem, 12mal mit 2 und in keinem einzigen Falle mit mehr als 2. Die Mittelzahl der Strahlen für den temporaleu Quadranten betrug 0,8. Der nasale Quadrant zeigte in 21 Fällen keine Hauptstrahlen, in 30 Fällen deren 1; in 23 Fällen 2, in 3 Fällen 3, in keinem Falle mehr als 3. Mittelzahl 1,1.

Der obere Quadrant enthielt in keinem Falle weniger als 1 Strahl, nur in 12 Fällen 1, in 31 Fällen 2, in 26 Fällen 4, in 6 Fällen 4 und in 2 Fällen 5. Noch deutlicher tritt die ungleichmässige Vertheilung hervor, wenn wir den unteren Quadranten in Betracht ziehen. Hier war, wie im oberen Quadranten, niemals ein gänzliches Fehlen der Hauptstrahlen nachweislich, und nur in 6 Fällen ein Strahl, in 35 Fällen dagegen 2, in 22 Fällen 3, in 14 Fällen 4 und in einem Falle 5 Strahlen vorhanden. Die Mittelzahlen waren für den oberen Quadranten 2,5, für den unteren 3. Nach der

Häufigkeit bezw. der Zahl der Strahlen in den verschiedenen Quadranten würde darnach eine solche Sternfigur, am häufigsten vorkommen, welche im oberen Quadranten 2—3, im unteren 3 (resp. 4), im nasalen 1—2 Strahlen, im temporalen einen Strahl aufweist, oder wenigstens wo die Zahl der Strahlen successive abnimmt, indem wir vom unteren zum oberen, dann vom nasalen zum temporalen Quadranten übergehen. Solche Linsensterne waren in der That häufig nachzuweisen (Taf. 1, Fig. 1—6). Die relative Häufigkeit der Strahlen im oberen und unteren Quadranten wechselte innerhalb nicht sehr weiter Grenzen, so dass in einigen Fällen das Verhältniss wie 4 : 3, 3 : 2, 5 : 4 zu Gunsten des oberen Quadranten wurde. Die relative Seltenheit der Strahlen im temporalen Quadranten war dagegen constant und sehr auffallend. Verhielt sich doch die Zahl seiner Strahlen zu der des nasalen Quadranten wie 2 : 3, zu der des oberen wie 1 : 3, zu der des unteren fast wie 1 : 4, und zur Gesammtzahl der gewöhnlich in allen übrigen Quadranten enthaltenen Strahlen wie 1 : 13.

Am deutlichsten war das Verhältniss der Strahlen bei jungen Individuen zwischen 10—30 Jahren zu übersehen, indem bei zunehmendem Alter der graue Reflex der vorderen Linsenfläche immer gleichmässiger und die Zeichnung des Linsensternes immer verschwommener wurde. In den cataractösen Linsen liess sich eine ähnliche, nur stärker ausgeprägte weissliche Trübung mit Verschleierung des Linsensternes constatiren; nur in einigen wenigen Fällen gelang es mir, den Verlauf der Strahlen genauer zu verfolgen; in diesen Fällen schien mir die Zahl der Strahlen auffallend vermindert, so dass man in allen Quadranten meist nur 3—4 statt 7—8 Strahlen fand. Auch war hier die Vertheilung eine sehr unregelmässige, die Radien schmal, wie schwarze Härchen, auch liess sich die Vereinigung der einzelnen Fasern mit den Strahlen, wie diese an ungetrübten Linsen in Form einer Rippen- oder Fischgräten-Zeichnung stattfindet, nicht deutlich sehen; an den Polen, oder an den diesen entsprechenden, den Hauptstrahlen als Ansatzstelle dienenden Linien liess sich

ein sehr weites Abstehen der gewöhnlich sich gegenseitig berührenden Linien oder Strahlen nachweisen. Die Faserstrahlen erschienen aus einander gerissen; die Spalten sehr erweitert, oft unregelmässig; zwischen den Spalten trat die zunächst darunter liegende Schicht von Linsenfasern im tiefen Schatten liegend, mit dunkler Färbung hervor. Also lässt sich der Linsenstern auch intra vitam leicht nachweisen und zeigt nicht unerhebliche Abweichungen, wenigstens bei Erwachsenen, von der früher als regelmässig vorkommend angenommenen Gestalt.

Hervorheben möchte ich nur noch die «Bevorzugung» einzelner Quadranten bei der Strahlentheilung, besonders das relative Freibleiben des temporalen Quadranten.

Der Einfluss der Zahl der in einem Quadranten enthaltenen Radien auf den Gang der Lichtstrahlen im Auge, die relative Homogeneität dieser Theile, sowie eine sorgfältige Prüfung ihrer Beziehungen zur Netzhaut und zur Fovea bilden die Hauptfragen bei einer weiteren Untersuchung dieser interessanten Verhältnisse.

Behufs einer Controlle der mit der Lupe gewonnenen Resultate stellte ich unter Leitung von Prof. Schwalbe eine Reihe von mikroskopischen Untersuchungen an, deren Ergebnisse die früheren in erfreulicher Weise bestätigen. Indem ich mir die Resultate der ferneren histologischen und einer demnächst auszuführenden embryologischen Untersuchung über die Entwickelung und vergleichende Anatomie des Linsensternes für eine spätere Veröffentlichung vorbehalte, möchte ich hier nur in Kürze der an ganz frischen Linsen beobachteten Structurverhältnisse des Linsensternes Erwähnung thun.

Von grosser Wichtigkeit schien es mir hier, die Linse ohne Maceration und Härtung zu untersuchen, und ich habe mich überzeugen können, dass der Linsenstern, wie zu erwarten war, auch ohne jede Behandlung an frischen Thierlinsen zu sehen war. Auf Rath Prof. Schwalbe's versuchte ich eine etwaige Substanz zwischen den Linsenfasern dadurch sichtbar zu machen, dass ich unter die Kapsel einer frischen

Kalbslinse eine Lösung von Berliner Blau einspritzte, indem ich eine Berührung der Linsensubstanz seitens der Einstichscanüle sorgfältig vermied. Sogleich traten am vorderen Pole, neben dem Einstich, feine blaue Strahlen auf, die von einem dreischenkligen Sterngerüst ausgingen. Mehrere so behandelte Linsen wurden zur späteren Untersuchung nach Alkohol-Härtung in Celloidin eingebettet, nachdem ich mich jedesmal von dem sofortigen Auftreten der Sternfigur überzeugt hatte.

In derselben Weise wurden Schweins- und Kaninchenlinsen behandelt, und zwar mit übereinstimmendem Resultate.

Weiter wurden Injectionen von gelbem Blutlaugensalz in die vordere Kammer beim lebenden Thiere (Kaninchen) mit späterem Einlegen in Eisenchlorid, sowie directe Einspritzungen unter die Kapsel (auch an enucleirten Augen) versucht.

Die Resultate dieser Behandlung waren insofern unbefriedigend, als die bei Einwirkung des Eisenchlorids auftretende Bläuung bald so intensiv wurde, dass die Details der Oberflächenstructur nicht mehr zu unterscheiden waren. Die mikroskopische Untersuchung sehr dünner Schnitte dieser Linsen, die möglicherweise zum Ziele geführt hätte, wurde gerade hier durch die starke, unregelmässige Schrumpfung der Linse in Alkohol vereitelt.

Mit den Resultaten dieser Methoden nicht ganz zufrieden, nahm ich mir vor, die schon von Robinski zur Isolirung der Linsenfasern empfohlene Behandlung frischer Linsen mit schwachen Lösungen von Argentum nitricum in Anwendung zu ziehen. Da dieser Forscher ausdrücklich betont, dass man an nach dieser Methode behandelten Linsen keine Spur eines Sternes nachweisen könne, hoffte ich nur, wie er, die Contouren der Fasern und deren Verlauf näher zu beobachten. Nach Robinski's Angabe sollen die schwachen Lösungen (1 : 800) von Argentum nitricum die Linsensubstanz in keiner Weise angreifen. Das Deutlichwerden der Fasern komme nur durch den Niederschlag des metallischen Silbers zwischen den Fasern in Form kleinster braun-schwarzer

Körnchen und Flocken zu Stande. Eben weil Robinski seine Behandlungsweise als frei von dem Einwande erklärt, dass sie Kunstproducte hervorrufen könne, scheinen mir die mit Argentum nitricum gewonnenen Bilder von grosser Wichtigkeit.

Ich habe mich durchweg nur sehr schwacher Lösungen bedient (1,2 : 1000) und ausschliesslich Linsen von Kalb, Rind, Schaf, Schwein, Katze und Maus gebraucht, da genügend frische menschliche Linsen nicht zu bekommen waren. Dieselben wurden mit der Kapsel während 5—20 Minuten in die Lösung gelegt, und ich war durch das Auftreten der schönsten Linsensternfiguren überrascht, die nach wenigen Minuten mit der grössten Deutlichkeit hervortraten. (Hier sei nur erwähnt, dass der Linsenstern auch ohne Behandlung an ganz frischen Linsen zu sehen ist, wenn man dieselben durch Vorhalten der Hand in Halbschatten bringt und von der Seite beobachtet. Ich zweifle auch gar nicht daran, dass auch menschliche Linsen nach Argentum nitricum-Behandlung ihre charakteristischen Sternfiguren zeigen würden.)

Diese Figuren, die als graue Linien nur wenig von der übrigen Linsenoberfläche abstachen, wurden sogleich genau abgezeichnet und die Linsen dann etwa 24 Stunden lang im Dunkeln (in der Lösung) aufbewahrt. Inzwischen war die Deutlichkeit des Sternes noch grösser geworden.

Die ganze Oberfläche der Linse zeigte eine chocoladen- oder mahagoni-braune Farbe, gegen welche die grau-schwarzen Sternstrahlen scharf hervortraten. Von einer Spaltbildung, einer Continuitätstrennung der glatten, schön spiegelnden Linsenoberfläche war selbst mit starken Vergrösserungen nicht die Spur nachweisbar, und es konnte von einer «Aufquellung», einer «sprengenden Kraft» füglich nicht die Rede sein. (Starke Vergrösserungen zeigten auch die Grenzen der einzelnen Linsenfasern deutlich imprägnirt, ohne Trennung. Diese gingen auch continuirlich über in die centralen dickeren Linien der Hauptstrahlen, ohne dass irgendwo ein Auseinanderweichen zu constatiren gewesen wäre.)

Die Zeichnung der jetzt dunkel gewordenen Sternfigur stimmte mit der sogleich nach Einlegen in Argentum nitricum ausgeführten vollständig überein. Auffallend sind an der Kalbslinse die kleinen seitlichen Zacken oder Sprossen, die an die Verhältnisse beim Menschen erinnern. An Rindslinsen zeigen sich die Sterne, obwohl auf den dreistrahligen Typus zurückführbar, complicirter als beim Kalb. Hervorheben möchte ich die Unregelmässigkeit der Anordnung der Strahlen, die neben der Vervielfachung der Radien und dem stärkeren Hervortreten der Seitensprossen besonders in's Auge fällt. Das Verhältniss der Vervielfachung der Strahlen während des Wachsthums scheint also mit dem beim Menschen beobachteten wenigstens qualitativ übereinzustimmen. Diese Aenderung der Gestalt des Sternes konnte ich bis jetzt nur bei dem Vergleich von Kalbs- und Rindslinsen constatiren, da mir Linsen von jungen und von erwachsenen Thieren anderer Arten nicht zur Verfügung standen. Bei einem ausgewachsenen Schaf fand ich jedoch einmal einen auffallend complicirten Stern, während die meisten von mir untersuchten Schaflinsen (wohl von jüngeren Thieren stammend) einen regelmässigen dreistrahligen Stern wahrnehmen liessen. Schweinslinsen und Linsen von der Katze zeigten ausser sehr schönen dreistrahligen Sternen nichts von besonderer Wichtigkeit, obwohl auch hier in einem Falle bei einer erwachsenen Katze und einmal beim Schwein eine dichotomische Theilung der Enden des dreistrahligen Sternes sich zeigte. Mauslinsen zeigen einen drei- oder vierstrahligen Stern, dessen Radien nicht wie bei den anderen Thieren gestreckt, sondern meistens in Bogen verlaufen, welche nach aussen, d. h. dem Linsenrande zu concav sind.

An Kaninchenlinsen sieht man keinen eigentlichen Linsenstern, sondern eine vertikal stehende, mit ihrem oberen Ende leicht nasalwärts geneigte Nahtlinie; diese sah ich in einem Falle mit der Lupe sehr deutlich, nämlich bei einem Kaninchen, dem ich gelbes Blutlaugensalz unter die Haut gespritzt hatte. Auch an der herausgenommenen Linse, die ich sodann mit Eisenchlorid behandelte, liess sich dann dieselbe Figur erkennen.

Wenn ich nun die Hauptergebnisse meiner Untersuchungen über die Sternfigur der Linse recapituliren darf, so sind es folgende:

1. Der Linsenstern des Menschen und der Säugethiere ist ein intra vitam präformirtes Gebilde.

2. Der dreistrahlige Stern des Embryo wird zu einem 4-, 5- und 6strahligen beim Erwachsenen, und ändert sich während des Wachsthums nicht nur durch eine Vervielfachung der Sternstrahlen, sondern auch durch das Treiben seitlicher Sprossen.

3. Die Linse des Erwachsenen zeichnet sich durch die Unregelmässigkeit ihres Baues, durch die Abweichung von der Figur eines wirklichen, gleichwinkeligen Sternes, durch die ungleiche Vertheilung der Sternstrahlen in den verschiedenen Quadranten, bes. die Armuth des temporalen Quadranten, sowie durch das Hervorgehen der am Pole gelegenen Strahlen und Fasern von einer Nahtlinie aus.

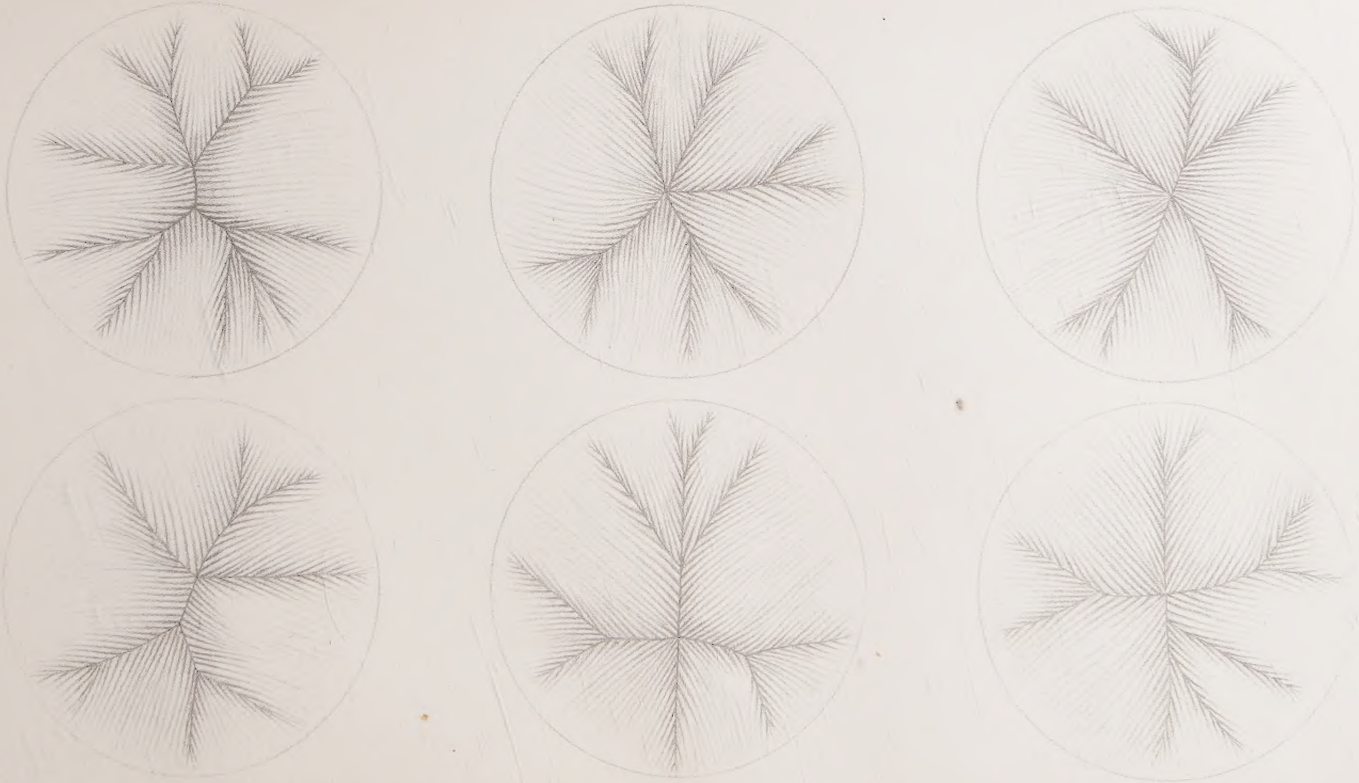
4. Frische Säugethierlinsen (zunächst gilt dies nur für Rind, Schaf, Katze, Schwein und Maus) zeigen einen dreistrahligen Linsenstern. Erwachsene Thiere zeigen eine Zunahme der Zahl der Sternstrahlen, sowie eine unregelmässigere, durch Seitensprossen ausgezeichnete Figur. Durch Behandlung mit Argentum nitricum lässt sich der Stern, ohne Veränderung der Linsensubstanz, demonstriren.

Zum Schlusse bleibt mir die angenehme Pflicht, meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Laqueur, für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für das derselben gewidmete freundliche Interesse Dank zu sagen.

Auch sei es mir an dieser Stelle gestattet, das wohlwollende Entgegenkommen des Herrn Prof. Schwalbe in Allem, was meine Untersuchung fördern konnte, dankend anzuerkennen.

Percy Fridenberg, B. A.

Literatur-Verzeichniss.

1. v. Ammon, Graefe's Archiv, Bd. V, Die Entw.-Gesch. d. menschl. Aug.
2. Arnold, Fr., Handbuch d. Anatomie, Bd. II, 1851.
3. Arnold, J., Beitr. z. Entw. d. Auges, Heidelberg 1864.
4. Babuchin, Die Linse, Stricker's Handbuch, 1871.
5. Baerens, F. D., Monogr. lent. eryst., I.-D., Halae 1819.
6. Becker, O., Z. Anat. d. ges. u. kr. Linse, Leipzig 1882.
7. v. Becker, Graefe's Archiv, Bd. IX, 1863, Unters. über d. Bau d. Linse.
8. Bischoff, Soemmering's Anat., 1842, Ent.-Geschichte.
9. Bowmann, Arch. f. Anat. u. Phys., 1845.
10. Foster, M. und Balfour, F., Elements of Embryology, London 1874.
11. Henle, J., Zur Anatomie d. Crystall-Linse.
12. Hannover, Arch. f. Anat. u. Phys., 1845.
13. Huschke, Ed., Meckel's Archiv, 1832.
14. Kessler, Zur Entw. d. Auges, Leipz. 1877.
15. Kölliker, Entw.-Gesch. d. Mensch., Leipz. 1879.
16. Iwanoff, Arch. f. Ophthalm., Bd. XV, 1869.
17. Laqueur, Zehender's Monatsblätter, Jahrgang XXV, 1887.
18. Nunneley, On the crystalline lens, Quarterly microsc. Journal, Bd. 6, 1858.
19. Robinski, S., Die Structur der Augenlinsenröhren, Med. Centralblatt, 1828.
20. Rubattel, I.-D., Genf 1885.
21. Sappey, Traité d'Anatomie, Paris 1872.
22. Schoeler, De oculi evolutione, Dorp., Diss., 1848.
23. Schwalbe, G., Sinnes-Organe, Leipz. 1886.
24. Valentin, Zur Anat. d. Foetusauges, Arch. f. Ophthalm., 1833.
25. Woinow, M., Ueber die Ents. d. bipolar. Anord. d. Lins.
26. Waldeyer, Nagel's Jahresberichte, 1872.
27. Werneck, v. Ammon's Zeitschrift, Bd. IV u. V.
28. Young, Philos. Transactions, 1816, 1819.
29. Zernoff, Z. mikr. Bau d. Linse, Graefe's Archiv, Bd. XIII.

Druckerei der «Str. N. N.», A.-G., vorm. H. L. Kayser.